

# 无尘室有多清洁？

制造芯片需要使用多种有毒溶剂和重金属。马里兰大学医学院毒理学教授Bruce Fowler说，尽管工艺一直在改进，但有些要求还是必须满足的。Fowler教授一直在致力研究芯片生产中使用重金属的毒性影响。他说：“（不管工艺怎么改变），你需要的仍然是干净的芯片。”这就意味着要使用各种重金属和溶剂。在最后改变硅的电子性能的工序中，需要用到重金属。

职业健康问题的核心是无尘室。尽管半导体生产要求无尘环境，批评家们却认为从某些角度来说，无尘室并不洁净。“工程技术人员设计无尘室的唯一目的是为了降低无尘室内空气中的颗粒灰尘含量，”加利福尼亚大学旧金山分校职业医学临床教授、国际职业医学中心主任Joe LaDou说，“实际上，无尘室内所有的空气都是循环空气。无尘室内任何时候都有十几种甚至更多的有机溶剂。各种烟雾和蒸汽源源不断地进入无尘室，而且又未被滤除。”LaDou认为这样的后果是“无尘室成了以人类为对象的化学暴露实验室。

半导体工业协会（Semiconductor Industry Association, SIA）公关主任Molly Tuttle则认为情况并不是这么糟。“半导体制造业的设计保证对所有可能会构成重大危害的化学物质或气体进行隔离，使工人不与其接触或不受到不安全的暴露……即使有少量安全剂量的化学物质进入无尘室，也会被迅速稀释并排出。其结果是无尘室内空气环境的新鲜空气交换水平高于大多数室内生产环境。”

尽管有些观察家对怀疑大型半导体公司是否对职业健康进行检查，但外界审查和同行评议的报告非常鲜见。1992年进行的几项研究中，其中有一项研究是由SIA赞助、加利福尼亚大学戴维斯分校研究人员负责，他们发现女工占绝大多数的无尘室工作人员流产率增加。原因是半导体公司在芯片生产中使用了一种名为乙二醇醚(glycol ethers)的溶剂。此后，美国半导体工业很快就淘汰了这一类化学物质。（见*Where the Chips Fall: Environmental Health in the Semiconductor Industry* EHP107:A452-A457 [1999]）。

自此以后，针对这一行业的流行病学研究极少或根本没有开展。位于Lowell市的麻萨诸塞大学工作环境系主任、SIA工作场所癌症科学顾问委员会主席David Wegman说，“我们进行文献检索时，根本就找不到任何与半导体行业癌症风险直接相关的研究。”该委员会2001年10月份的《半导体芯片生产工人的癌症风险》（*Cancer Risk Among Wafer Fabrication Workers in the Semiconductor Industry*）报告摘要指出，这个科学顾问委员会是于1999年为了“根据对现有信息的分析，对半导体的芯片生产工人可能面临的癌症风险进行评估”而成立的。报告得出结论，尚没

有“确凿证据”可以证明从事晶片生产会增加癌症风险。但该报告指出，“目前尚没有足够的证据可得出工作场所暴露……没有或者不会造成一种或多种癌症风险显著增加的结论。”

Wegman说，SIA科学顾问委员会建议半导体工业协会立即开展半导体工人的癌症研究，包括可行性研究和流行病学研究。然而，Tuttle表示半导体工业协会倾向于先进行可行性研究，然后再制定进一步的计划。他说，“我们正在开展可行性研究，然后根据研究数据决定是否有必要开展全面的流行病学调查。我们所关心的主要问题是尽量保证为我们的员工提供最佳的健康和安全水平。”Tuttle还说，“虽然我们并不是受成本支配，但成本显然是一個很重要的因素。”这一决定令科学顾问委员会感到失望。他们认为，将研究的两个阶段拆开会推迟上述调查研究的开展，并妨碍研究人员参与调查实施的竞争。

另一份关于半导体工业癌症的调查报告来源于负责工作场所健康和安全的英国健康安全局（HSE）。和半导体工业协会的研究报告一样，该报告也呼吁开展进一步的研究，但没有证明存在健康损害。2001年12月份，英国健康安全局公布了《Greenock国家半导体（英国）公司在职和以往职工癌症状况报告》（*Cancer Among Current and Former Workers at National Semiconductor (UK) Ltd, Greenock*）。该报告指出，苏格兰Greenock国家半导体（英国）公司以往职工有四类癌症的患病率过高。该报告明确的四类癌症中，只有其中一种具有统计学显著性——妇女的肺癌患病率。但是，研究人员并未调查这些妇女是否吸烟，而90%的肺癌是与吸烟有关的。尽管英国健康安全局无法确认这一增长是否因工作场所暴露造成的，但该报告仍然称调查结果“进一步证实了人们的担忧。此次调查研究的发现，特别是与肺癌相关的发现，应予以认真对待。”

国家半导体公司认为调查报告结果对他们来说是好消息。“英国健康安全局的调查未发现Greenock员工癌症风险增加的科学证据，这一事实使我们甚感欣慰。”公司新闻发言人LuAnn Jenkins说。

但是，Greenock半导体工业二期受害工人支持小组协调员Jim McCourt对HSE的调查结果并不满意。除了未对生活方式进行调查之外，他指出，调查人员还漏掉了清洁工。他们所从事的工作最脏，但由于受雇于承包的清洁公司，他们并不是国家半导体公司的员工，所以，不在本次调查研究的范围内。（Jenkins对此进行了反驳，称清洁工大部分是公司的员工，而不是合同工，事实上，健康安全局的调查已经将他们包含进去。）尽管如此，McCourt仍然承认健康安全局的调查“已经朝前迈进了一步，而且结果（发现癌症患病率升高）也很值得引起警惕。”

科学研究的匮乏和研究结果的模棱两可也许是出于政治、经济和科学等多方面的原因。半导体工业越来越多地将半导体生产外包给合同生产厂家。这些生产厂家大部分并不为公众所知，在职业健康问题上受公众压力影响相对较小。由于缺乏联盟组织，我们失去了一个关于职业健康问题的潜在数据来源。批评家们认

为，作为发展中国家的一个重要产业，半导体生产厂家具有较强的政治影响力，阻碍了科学的研究的开展。

Fowler说：“尽管员工个体的职业健康已得到改善，但是，美国的情况应区别对待，因为美国已经形成了一套关于职业暴露的标准。但是，发展中国家并没有职业安全和健康管理局之类的机构，[半导体工业]所做的就是将生产加工转移到发展中国家。”

研究工作本身也很复杂。英国和半导体工业协会的研究注重的是癌症，而半导体工业使用的某些化学物质可能会毒害神经系统或生殖系统。尽管按传统制造业安全措施标准衡量，半导体工业已经做得相当不错，但职业病却是另一码事。LaDou引用了一组数字，将职业病数量与所报告的全部疾病与伤害数量进行了对比：根据美国劳动统计局提供的数据，2000年，职业病占制造业所报告全部疾病与伤害的12.7%。在半导体及相关设备工业，这一比例是22.5%。所受到的暴露情况也异常复杂：

“研究完半导体工业，你基本上可以写一本关于职业病学和毒理学的教科书了，”LaDou说，

“各种传统暴露几乎都齐了，从人机工程学和照明到电离和非电离辐射，无所不包；从溶剂散发的烟雾至擦尔剂的挥发物，无所不含……其中，有许多是已知致癌物和生殖系统毒物。”

科学顾问委员会最近进行的研究发现，半导体工业使用的几百种化学物质中，有26中——包括砷和六价铬——属于确定致癌物、很可能致癌物或可能致癌物。从职业健康的角度来说，真正的问题是，这些化学物质是否正在危害员工的健康。

科学顾问委员会研究人员作出结论，采用标准的对毒物逐一进行危险度评价的方法并不能“充分回答晶片生产中的癌症危险度问题。”然而，要对多物质暴露进行危险度评价又极其困难。而且，Wegman说，由于潜在化学暴露种类很多，再加上以前发现的与工作相关的流产风险，科学顾问委员会认为，癌症不应该是研究的唯一对象。因此，他们建议继续开展现行的卫生监测活动并给予支持，将其作为职业病的早期预警系统。

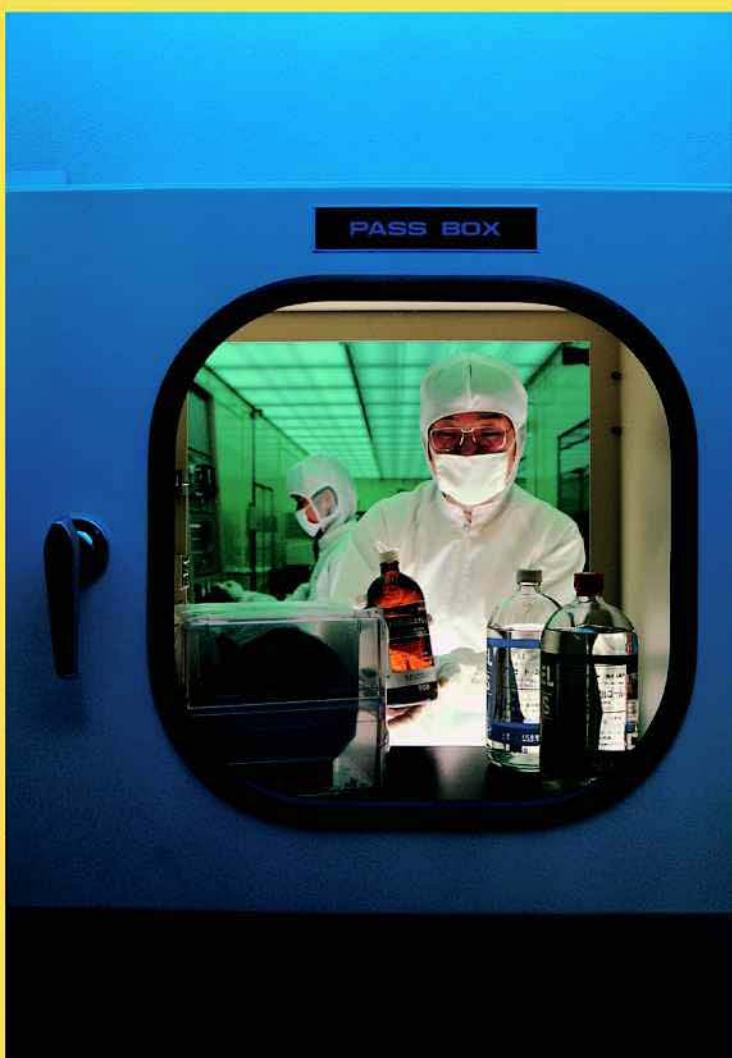
有些批评家提出，调查研究的缺乏也许反映了半导体行业不愿探究职业健康问题的态度，因为其生产技术的设计并没有将这一问题纳入他们的考虑之内。

“他们设计了一流的生产车间，却忽视了车间内工人的健康和安全，”LaDou指出，

“要跳出这个框框，唯一的办法就是将生产制造转移到发展中国家，并将生产外包给管制环境较为宽松、几乎和地下工厂一样的制造厂。这也就是为什么发表的调查报告数量如此之少的原因。”可是，Tuttle却认为“半导体工业协会已经作出了很大努力，在未来工艺、设备和无尘室的设计中将形成并包含了环境、安全和健康解决方案。”

我们只能期待，有朝一日，一项计划周密并能被广泛接受的关于芯片制造业环境和职业健康领域的调查研究能够得以顺利实施。这一天正在缓慢到来。但在此之前，半导体工业和批评家们之间尖锐而激烈的争论还将继续。

—David J. Tenenbaum  
译自 EHP 111:A282-A283(2003)



**无尘室内的脏活。**大多数健康风险来源于无尘室。无尘室内的工人每天都要接触有毒化学物质。